CARACTERIZAÇÃO DA FERRITA DELTA EM AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO CA6NM SOLDADO POR PROCESSO TIG

Herik Duarte Santos (PIBIC/Fundação Araucária/UEPG), Marcio Ferreira Hupalo (Orientador), e-mail: mfhupalo@gmail.com

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais.

Engenharia de Materiais e Metalúrgica. Metalurgia Física

Palavras-chave: Aços Inoxidáveis Martensíticos, Soldagem TIG, Ferrita Delta.

Resumo

O aço inoxidável martensítico CA6NM é empregado em serviços que requerem boa resistência mecânica associada a resistência à corrosão, principalmente em componentes de turbinas hidráulicas. Este trabalho tem por escopo analisar a microestrutura formada após processo de soldagem TIG (Tungsten Inert Gas) de um aço ASTM A743 CA6NM, usando material de adição similar, avaliando a presença da estrutura ferrita delta. Variando as espessuras das amostras e condições de soldagem como passe único de soldagem e multipasse, mantendo temperatura de pré-aquecimento e interpasse de 150ºC. Os experimentos revelaram que um único passe de solda é suficiente para a formação de ferrita delta na forma de rede ao longo do cordão de solda e nas regiões expostas a altas temperaturas na zona afetada pelo calor (ZAC). Na solda multipasse a origem das diferentes morfologias de ferrita é múltipla, havendo uma diferença da taxa de resfriamento nos cordões. Entre a base e o topo da solda pode ser percebido acúmulo de ferrita delta na região interpasse e no topo do último cordão de solda e a variação de largura da ZAC pelos passes subsequentes.

Introdução

No setor de geração de energia elétrica, as turbinas e seus componentes estão sujeitos a solicitações mecânicas e tribológicas causadoras de falhas de trincas por fadiga em regiões concentradoras de tensão, cujo principal mecanismo é a cavitação. [1] Nesse cenário, os aços inoxidáveis martensíticos da classe ASTM A743 CA6NM vem sendo amplamente utilizado em componentes de turbinas hidráulicas, devido à sua boa soldabilidade e resistência à cavitação satisfatória, mas ainda possui restrições com relação à soldagem em regiões desgastadas por erosão ou que apresentem trincas. Esse aço inoxidável pertence à classe dos fundidos e foi originalmente desenvolvido na Suíça, com o intuito de melhorar a soldabilidade dos aços inoxidáveis martensíticos convencionais, como os da classe CA15. [2,3]
Durante a soldagem dos aços CA6NM diversos fenômenos de transformação de fases podem ocorrer. Dentre esses fenômenos alguns merecem destaque como o crescimento epitaxial, o crescimento exagerado de grão, a precipitação de carbetos e a formação de ferrita delta. Todos esses fenômenos contribuem para as alterações nas propriedades da junta soldada.[2,4,5] Neste contexto, objetiva-se estudar os mecanismos de formação da ferrita delta na zona fundida, por meio da deposição de cordões de solda de único passe e múltiplos passes pelo processo TIG. A presença de ferrita delta está associada à ocorrência de trincas em componentes do aço

CA6NM soldados, bem como à precipitação de fases indesejadas, como carbetos e intermetálicos. [4,6]

Materiais e Métodos

Preparação das amostras

Primeiramente, o material base, em formato de cunhas, foi levado para um tratamento térmico de revenimento com temperatura de 600°C por 2 horas, para homogeneização das microestruturas do material. Em seguida o material foi usinado e formato de chapas para que fosse efetuado as soldas. As amostras foram soldadas por processo de soldagem TIG (*Tungsten Inert Gas*) utilizando um pré-aquecimento de 150 °C para ambas as amostras, sendo que as mesmas possuíam as seguintes medidas: 15x47x94 mm e 5x47x94 mm, ângulo de 30 graus para o chanfro e raiz de 2 mm. Para a amostra de dimensões de 15x47x94mm foram feitos 8 cordões de solda para o preenchimento do seu chanfro e seu resfriamento foi feito em temperatura ambiente, já para a amostra de dimensões de 5x47x94mm efetuou-se a solda em um único cordão e também resfriando a temperatura ambiente.

Análise microestrutural e perfil de durezas

Para a caracterização da microestrutura das amostras realizou-se uma preparação metalográfica do material, passando por lixamento, polimento e ataque com reagentes metalográficos. A preparação metalográfica é essencial para se obter uma boa análise macroscópica e uma boa microestrutura por microscopia ótica, que apresentou as fases presentes nos materiais após a preparação dos mesmos. Realizou-se também a microscopia eletrônica de varredura (MEV). Por último, realizou-se ensaios de dureza Vickers, determinando um perfil de dureza para cada amostra.

Resultados e Discussão

Análises

Foram realizadas análises macroestruturais nas amostras, sendo possivel analisar quatro regiões em ambas as amostras: metal base (MB), zona afetada pelo calor de alta temperatura (ZAC-AT), zona afetada pelo calor de baixa temperatura (ZAC-BT) e zona fundida (ZF). As Figuras 1 e 2 apresentam a macrografia das amostras 5x47x94mm e 15x47x94mm respectivamente.

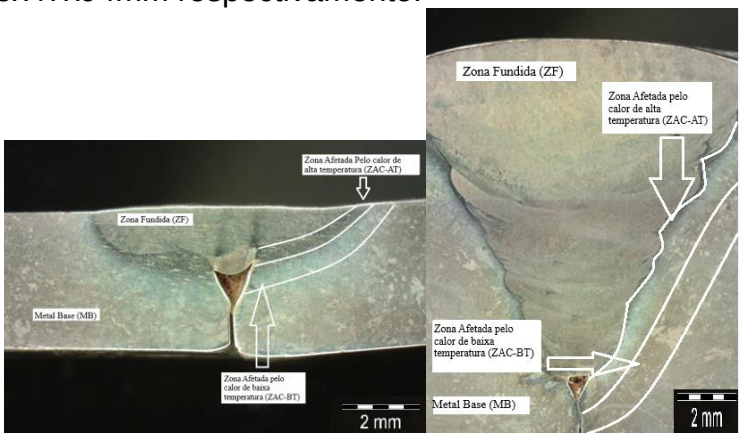


Figura 1 - Macrografia da secção transversal da amostra (a) 5x47x94mm e (b) 15x47x94mm. Reagente metalográfico Behara.

É valido observar que em ambas as amostras houve uma baixa penetração do(s) cordão (ões) de solda. Em todas as fotomicrografias do aço CA6NM é possível identificar a microestrutura martensítica do aço, porém a presença de austenita retida é difícil de ser visualizada por meio de microscopia óptica, tornando confusa a sua identificação. Por outro lado, a presença de ferrita delta é observada nos contornos de grão das regiões da ZAC-AT, nos cordões de solda e também nas demais porções das amostras, porém em menor quantidade quando comparada a ZAC-AT e cordões de solda.

Na amostra 5x47x94mm a ferrita δ encontra-se distribuída de maneira uniforme, porém em menor proporção na zona afetada pelo calor. Na amostra 15x47x94mm a ferrita δ está orientada a partir da superfície em direção ao material base, sendo essa orientação relacionada com o reaquecimento do cordão de solda já solidificado. O reaquecimento do cordão de solda que já solidificado gerou uma diferença de quantidade de ferrita δ do cordão superior para os demais cordões, onde o cordão superior apresentou uma maior quantidade ferrita δ. Tal fato ocorre, pois, o último cordão de solda não sofre influência de nenhum outro passe, tendo uma condição de resfriamento de maior velocidade, não deixando que a ferrita δ transforme-se totalmente em austenita, que posteriormente se transformaria em martensita, ficando retida na estrutura. A Figura 2 apresenta a diferença de ferrita δ da amostra de único passe (a) 5x47x94mm para a amostra de 8 passes (b) 15x47x94mm, onde fica evidente uma maior quantidade de ferrita δ para a amostra de único passe (a) por conta da taxa de resfriamento, que dá uma condição menor de difusividade dos elementos sendo mais lenta a transformação reversa da austenita.[5]

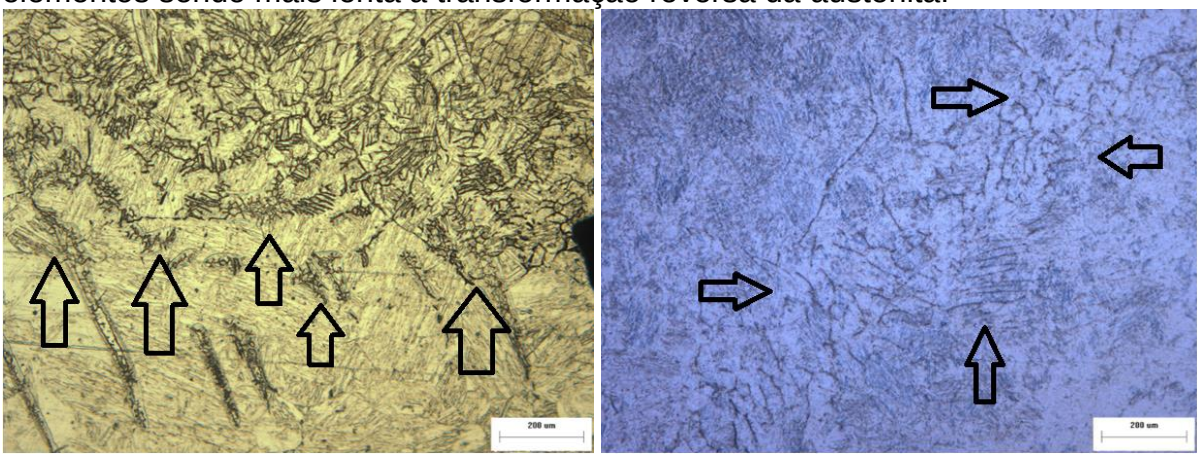


Figura 2 - Microestruturas das amostras (a) 5x47x94mm e (b) 15x47x94mm, com destaque para a ferrita δ na região da ZAC-AT. Reagente Behara B4.

As medidas de dureza foram determinadas com a finalidade de se obter os valores de dureza da secção transversal das juntas soldadas para as duas amostras. A análise possibilitou a construção dos perfis de dureza onde foram identificados as diferentes regiões da ZAC, a região ZF e o metal base em três regiões identificadas como topo, meio e base para ambas as amostras. Ao realizar-se as medidas, analisou-se que cada região ao longo da zona afetada pelo calor apresentou valores diferentes de dureza, sendo que a amostra 5x47x94mm apresentou valores mais constantes nas diferentes regiões em que as medidas foram feitas. Por outro lado, a amostra 15x47x94mm apresentou uma dispariedade entre as regiões medidas, no qual a região do topo apresentou os maiores valores de medida, por conta da ausência do efeito do ciclo térmico que as demais regiões apresentaram, sendo que é possivel observar que as regões que sofrem ciclos termicos tiveram valores reduzidos.

Conclusões

Com o processo de soldagem, constatou-se que foram geradas diversas regiões afetadas pelo calor (ZACs), sendo evidente a distinção entre essas regiões apenas na amostra que continha um único cordão de solda (5x47x94mm) por meio de analises de macroscopia e microscopia. Para a amostra que continha vários cordões de solda (15x47x94mm) essa distinção entre as regiões não foi possível devido aos vários níveis de tempera que a amostra sofreu por conta dos vários ciclos térmicos que foram impostos a mesma no processo de soldagem.
Constatou-se um crescimento de grão nas regiões da zona afetada pelo calor de alta temperatura (ZAC-AT), com a presença de ferrita δ na forma de rede nos contornos de grão para a amostra 5x47x94mm. Para a amostra 15x47x94mm além do crescimento de grão, observou-se que a quantidade de ferrita δ era maior em relação a amostra 5x47x94mm, efeito gerado a partir dos ciclos térmicos que os cordões inferiores foram submetidos, fazendo com que ocorresse uma diferença na quantidade de ferrita δ do cordão superior para os demais cordões.
Pelo perfil de dureza constatou-se que a ZAC-AT apresentou a maior dureza da seção transversal das amostras soldadas, sendo 379 ± 4 HV para a amostra 5x47x94mm e 326 ± 33 HV para a amostra 15x47x94mm

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Fundação Araucária, pela bolsa de Iniciação Científica. Ao Prof. Doutor Márcio Ferreira Hupalo, que aceitou me orientar nessa pesquisa, contribuindo com seus conhecimentos e me guiando no trabalho. Aos meus pais, pelo apoio e incentivo em toda ocasião presente em minha vida.

Referências

1 KRUPPA, R. G., PUKASIEWICZ, A. G. M., KOVALESKI, J. L., LUZ, A. A. A influência do aporte térmico na metalurgia de soldagem de revestimentos de aço inoxidável com cobalto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 3, n. 2, p. 1-9, 2011.
2 ESPITIA, L. A., VARELA, L., PINEDO, C. E., TSCHIPTSCHIN, A. P. Cavitation erosion resistance of low temperature plasma nitrided martensitic stainless steel. **Wear**, v. 301, n.1-2, p. 449-456, 2013.
3 MIRAKHORLI, F. et al. Phase structures and morphologies of tempered CA6NM stainless steel welded by hybrid laser-arc process. **Materials Characterization**, v. 123, p. 264–274, 2017.
4 QIN, B., WANG, Z. Y., SUN, Q. S. Effect of tempering temperature on properties of 00Cr16Ni5Mo stainless steel. **Materials Characterization**, v. 59, n. 8, p. 1096-1100, 2008.
5 RUSZCZYK LV de A. **Estudo da variação Microestrutural de um aço inoxidável martensítico CA6NM decorrente da soldagem em múltiplos passos**. Projeto de Graduação 01 – Universidade de Brasília, 2012.
6 TRUDELA, A., MARTIN LÉVESQUEB, B., BROCHUB, M. Microstructural effects on the fatigue crack growth resistance of a stainless steel CA6NM weld. **Engineering Fracture Mechanics**, v. 115, p. 60-72, 2014.